



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 44 08 898 C 2

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 K 1/02  
G 08 C 17/00  
A 61 B 5/00  
H 04 B 1/59  
G 08 C 19/00

71 Aktenzeichen: P 44 08 898.1-52  
72 Anmeldetag: 16. 3. 94  
43 Offenlegungstag: 21. 9. 95  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 19. 8. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

- 73 Patentinhaber:  
Koster, Norbert H.L., Dr.-Ing., 47443 Moers, DE
- 72 Erfinder:  
gleich Patentinhaber
- 56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:
- |    |              |
|----|--------------|
| DE | 39 32 428 C2 |
| DE | 37 01 082 C2 |
| DE | 32 19 558 C2 |
| DE | 42 32 127 A1 |
| DE | 42 13 065 A1 |
| DE | 38 31 809 A1 |
| DE | 34 46 248 A1 |
| DE | 33 23 111 A1 |
| US | 52 52 962    |

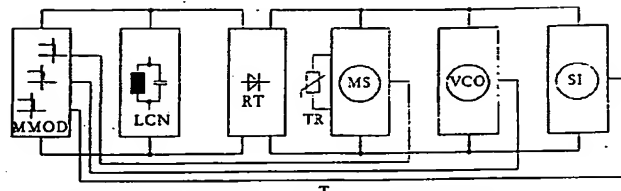
US	45 71 589
US	40 75 632
US	40 55 166
EP	02 99 557 A1
EP	02 45 605 A2

HEAL, J.W.: A physiological radiotelemetry system  
mark space ratio modulation of a square-wave sub-  
carrier. In: Medical and Biological Engineering,  
Nov. 1974., S.843-848;  
JP Patents Abstracts of Japan:  
57-211024 A., P-184, March 19, 1983, Vol. 7, No. 67;  
57-211027 A., P-184, March 19, 1983, Vol. 7, No. 67;  
57-211026 A., P-184, March 19, 1983, Vol. 7, No. 67;  
57-211025 A., P-184, March 19, 1983, Vol. 7, No. 67;  
DE-Z: Design + Elektronik 18, 31.8.93, S. 6;

54 Fernkalibrierbare Temperaturmeßvorrichtung

- 57 Fernkalibrierbare Temperaturmeßvorrichtung zur  
drahtgebundenen, drahtgeführten oder drahtlosen Mes-  
sung und lokalen Zuordnung der Temperaturwerte an  
schwer oder nicht ständig zugänglichen Orten,  
- mit einer Anzahl miniaturisierter, injizierbarer Trans-  
ponder (T), die sich als Sonden der Meßvorrichtung am  
Ort der Messung befinden und zur Umwandlung der loka-  
len Werte der Umgebungstemperatur ( $\theta$ ) der Transpon-  
der (T) in elektrische Signale dienen,  
- wobei die Transponder (T) keine Batterien oder andere  
eigenen Energiequellen besitzen, sondern zum Betrieb  
extern gespeist werden müssen,  
- mit einer externen Speiseeinrichtung (TX), die die  
Transponder (T) mit ihrer zum Betrieb notwendigen Ener-  
gie versorgt und dadurch aktiviert,  
- wobei die von der Speiseeinrichtung (TX) erzeugte  
Speiseleistung oder Betriebsspannung (UB) variabel und  
elektronisch einstellbar ist,  
- mit einer Empfangseinrichtung (RX), die die Signale der  
Transponder (T) empfängt,  
- mit einer Auswerteeinrichtung (CPU), die die empfan-  
gen Signale elektronisch aufbereitet, auswertet, weiter-  
verarbeitet oder weiterleitet und die Speiseeinrichtung  
(TX), die Empfangseinrichtung (RX) und eine Anpas-  
sungs- und Schaltungsvorrichtung (SX) steuert,  
- wobei die Transponder (T) jeweils Generatoren (VCO)  
besitzen, deren Schwingfrequenz wenigstens für einen  
bestimmten, definierten Zeitraum, ausschließlich von der  
aktuellen Betriebsspannung (UB) oder Speiseleistung des  
jeweils betreffenden Transponders (T) in - im mathemati-  
schen Sinne - eindeutiger, streng monotoner Weise  
abhängt und deren Signale, direkt oder elektronisch um-  
gewandelt, als analoge oder digitale Signale zur Emp-  
fangseinrichtung (RX) übertragbar sind und diese Signale

zur Kalibrierung der im Transponder (T) befindlichen  
Meßwandler (MS) dienen.



DE 44 08 898 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Temperaturen und der lokalen Zuordnung dieser Temperaturwerte, mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen.

Die Vorrichtung ist geeignet, die Verteilung der Werte der Temperatur oder deren Gradienten drahtgebunden, drahtgeführt oder drahtlos zu messen und den jeweiligen Meßwert dem Meßort zuzuordnen. Sie ist in drahtloser Ausführungsform zur Temperaturmessung in lebendem Gewebe geeignet, wobei sich sowohl mehrere Meßstellen in einem Gewebestück (Temperaturüberwachung bei medizinischer Behandlung) befinden, als auch je eine Meßstelle in verschiedenen Gewebestücken (Temperaturüberwachung mehrerer Tiere im Stall) befinden können. Sie ist in drahtgebundener Ausführungsform zur exakten Fernmessung der Temperatur bei gleichzeitig minimaler Eigenerwärmung der miniaturisierten, injizierbaren Meßsonde geeignet, wobei den Temperatursignalen stets ein Identifikationssignal zugeordnet ist und daher die gemessenen Temperaturen den verschiedenen Meßstellen eindeutig zugeordnet werden können.

Eine Vorrichtung zur drahtlosen Temperaturmessung bei gleichzeitiger Übertragung eines Identifikationssignals ist aus der DE 33 23 111 A1 bekannt. Dabei werden Fühler als individuelle nicht angeschlossene Einheiten ausgebildet und in die zu vermessende Masse eines chemischen Prozesses eingemischt, wobei jeder Fühler mit einem Sender ausgerüstet ist, der die von Fühlerelementen gemessenen Eigenschaften der Masse zu einer Empfangseinrichtung außerhalb des Raumes, in dem sich die Masse befindet, überträgt. Eine Vorrichtung nach der DE 33 23 111 A1 ist jedoch nicht besser geeignet, da die Fühler zur Übertragung der Signale in den Fühler eingebaute akustische oder elektromagnetische Sender verwenden, die, entweder mit einer Batterie oder aber durch Ausnutzung der Temperaturdifferenz bei Kühlung der Abschirmung durch Thermoelemente, gespeist werden müssen. In beiden Fällen ist die durch die unten beschriebene neue Erfindung erzielbare miniaturisierte, injizierbare Ausbildung des Transponders jedoch nicht möglich. Sowohl die Batterie, als auch die Thermoelemente benötigen zum Einbau ein zusätzliches Volumen, welches proportional mit zunehmender Leistung des in den Fühler eingebauten Senders anwächst. Daher werden diese Fühler stets signifikant größer aufgebaut sein, als fremdgespeiste Transponder.

Eine Kühlung der Abschirmung durch das Verdampfen von Flüssigkeiten ist in lebendem Gewebe nicht möglich. Der Transponder muß aus medizinischen Gründen hermetisch gekapselt sein. Die Energieversorgung durch Thermoelemente ist daher nicht möglich. Der alternative Einsatz einer Batterie beschränkt jedoch die Einsatzdauer des Fühlers auf die relativ kurze Lebensdauer der Batterie. Eine nachträgliche Kalibrierung der Fühler ist nicht möglich, da die dazu erforderlichen Bausteine der elektronischen Schaltung nicht vorhanden sind. Das Problem der Eigenerwärmung der Fühler ist in dieser Vorrichtung durch das Verdampfen von Flüssigkeiten gelöst. Dieses Verfahren verursacht jedoch Gasblasen und Kontaminationen. Es ist zur hier angestrebten Temperaturmessung in lebendem Gewebe ungeeignet.

Eine Vorrichtung zur drahtlosen Temperaturmessung bei gleichzeitiger Übertragung eines Identifikationssignals ist aus der US 40 75 632 bekannt. Dabei wird mit Hilfe von Dipolantennen einem Speisefeld Betriebsenergie entzogen, und mit Hilfe von Gleichrichtern und Spannungsregulatoren in eine Speisespannung umgewandelt. Wenn die Speisespannung einen ausreichend hohen Wert annimmt, werden

jeweils ein temperaturempfindlicher Oszillator und ein zyklischer Code-Generator aktiviert, die mit Hilfe von Transistormodulatoren das Speisefeld im Rhythmus der Signalinformationen durch Absorptionsmodulation modulieren.

Eine Vorrichtung nach der US 40 75 632 ist jedoch nicht besser geeignet, da wegen der dort notwendigen Dipolantennen eine miniaturisierte, injizierbare Ausbildung des Transponders nicht möglich ist. Besonders ungeeignet ist zudem der dort verwendete Spannungsregulator, der bei starker Ankopplung des Transponders an das Speisefeld zwangsläufig zur Eigenerwärmung des Transponders führt, die den zu messenden Temperaturwert verfälscht und daher eine exakte Temperaturmessung nicht zuläßt.

Eine Vorrichtung zur drahtlosen Bestimmung der lokalen Temperatur in lebendem Gewebe ist aus der DE 32 19 558 C2 bekannt. Dort wird ein in das Gewebe zu implantierender Transponder als Meßsonde verwendet, die ihre Betriebsenergie mit Hilfe eines Schwingkreises dem Abfragefeld entzieht und dieses Abfragefeld mit Niederfrequenzsignalen amplitudenmoduliert, wobei die Frequenz der von einem Phasenschieberschwingkreis mit einem temperaturabhängigen Widerstand erzeugten Niederfrequenzsignale im Betriebszustand weitgehend nur von der Temperatur und nicht von der Betriebsspannung abhängt. Dies wird dort dadurch erreicht, daß die Hochfrequenzleistung des Speisefeldes und damit die in der Meßsonde induzierte Betriebsspannung während des Meßvorganges kontinuierlich soweit eingestellt wird, daß der Phasenschieberschwingkreis stets in der unmittelbaren Nähe seines Anschwingpunktes betrieben wird. Dabei wird die spezielle Eigenschaft des Phasenschieberschwingkreises ausgenutzt, daß die Amplitude der erzeugten Schwingung mit zunehmender Betriebsspannung vom Anschwingpunkt aus betrachtet sich bis um das Tausendfache vergrößern kann, bevor es zu Verzerrungen oder zu Frequenzverschiebungen kommt. Dadurch ist eine sehr einfache und effektive Regelung bei gleichzeitiger Messung möglich. Bereits bei diesem Verfahren tritt nahezu keine Eigenerwärmung der Meßsonde auf, da stets nur soviel Energie zugeführt wird, wie die Meßsonde gerade zum Betrieb benötigt. Aufgrund der geringen, stets variierenden Betriebsspannung ist jedoch der zuverlässige Betrieb zusätzlicher, digitaler Schaltungen, die beispielsweise einen Identifikationscode übertragen können, mit diesem Verfahren nicht möglich.

Eine Weiterbildung dieses Patentes ist die DE 39 32 428 C2. Dort wird ebenfalls ein miniaturisierter, implantierbarer Transponder als Meßsonde verwendet, wobei der Transponder seine Betriebsenergie drahtlos dem Abfragefeld mit Hilfe eines Schwingkreises entzieht und einen Signalgenerator, der nicht in unmittelbarer Nähe seines Anschwingpunktes betrieben wird, sondern nun einen ganz bestimmten, in dem Signalgenerator der Transpondereinrichtung als charakteristisches Merkmal erzeugten, drahtlos zu erkennenden Arbeitspunkt besitzt, wobei dieser Arbeitspunkt durch ein temperaturabhängiges Frequenzmaximum der vom Signalgenerator erzeugten Signale gekennzeichnet ist. Dadurch, daß nicht der Anschwingpunkt eines Phasenschieberschwingkreises (Betriebsspannung ca. 0,8 V) sondern ein spezieller, durch den geeigneten Aufbau des Signalgenerators erzeugter Arbeitspunkt (Betriebsspannung ca. 3,0 V) zum Betrieb des Transponders gewählt wird, kann der zuverlässige Betrieb des für die Identifikation erforderlichen Digitalteils, der i. a. eine höhere Betriebsspannung als der Signalgenerator benötigt, gewährleistet werden.

Eine Vorrichtung basierend auf dem in der DE 39 32 428 C2 dargestellten Verfahren ist nicht besser geeignet, weil die Herstellung von integrierten Schaltungen mit speziellen, drahtlos zu erkennenden Arbeitspunkten ei-

nerseits einen zusätzlichen, hohen schaltungstechnischen Aufwand bedeuten, der zu einer Verringerung der erzielbaren Ausbeute (innerhalb vorgegebener schaltungstechnischer Spezifikationen) und damit zu einer Erhöhung der Stückkosten führt. Andererseits führen die zur Erzeugung eines solchen, durch ein Frequenzmaximum gekennzeichneten Arbeitspunktes notwendigen Spannungsreferenzen und Komparatoren zwangsläufig zu einer Erhöhung der zum Betrieb in diesem Arbeitspunkt erforderlichen Stromstärke und Leistungsaufnahme. Je höher jedoch die Leistungsaufnahme ist, um so geringer ist für den drahtlosen Betrieb die erzielbare Reichweite der Transponder und damit die Zahl der Anwendungsmöglichkeiten der Meßvorrichtung. Außerdem nimmt die Eigenerwärmung des Siliziumkristalls durch eine solche verlustbehaftete Arbeitspunkterzeugung zu, was zwangsläufig zu erheblichen Meßfehlern bei kontinuierlicher Temperaturmessung führt.

Ein weiterer Nachteil der DE 39 32 428 C2 ist, daß die eindeutige Zuordnung der zu messenden physikalischen Größe mit der vom Signalgenerator erzeugten Signalfrequenz nur in diesem fertigungstechnisch festgelegten, oder möglicherweise durch zusätzlichem Abgleich von Schaltungselementen vor dem Versiegeln des Transponders in gewissen Grenzen noch variierbaren, Arbeitspunkt (maximale Signalfrequenz) gegeben ist. Wird der Transponder außerhalb seines, nach der Versiegelung endgültig nicht mehr variierbaren Arbeitspunktes betrieben, so führt dies zwangsläufig zu Fehlmessungen. Ein weiterer Nachteil der DE 39 32 428 C2 ist, daß zum Einstellen des fertigungstechnisch festgelegten Arbeitspunktes eine ganz bestimmte Betriebsspannung erforderlich ist. Dabei muß die damit verknüpfte Betriebsspannung bereits bei der Herstellung des Transponders so hoch gewählt werden, daß auch bei den fertigungstechnischen Toleranzen, die bei monolithischer Integration (ASIC) typischerweise bis zu 20% betragen können, alle Funktionsblöcke auf dem Transponder zuverlässig arbeiten. Dies bedeutet, daß ein großer Teil der produzierten Transponder zwar prinzipiell bei einer niedrigeren Betriebsspannung funktionieren würde, was eine deutlich größere Reichweite im drahtlosen Betrieb bedeuten würde, trotzdem müssen sie jedoch bei einer höheren Betriebsspannung betrieben werden, weil sonst die Zuordnung der Temperatur, die mit dem vorgegebenen Arbeitspunkt fertigungstechnisch verknüpft ist, nicht mehr eindeutig wäre. Daher bleibt die erzielbare Reichweite, d. h. der Abstand zwischen dem zu messenden Objekt und der Speiseantenne, selbst bei optimal produzierten Transpondern auf eine mittlere Distanz begrenzt.

Drahtgebundene, drahtgeführte oder drahtlose Temperaturmeßvorrichtungen sind in zahlreichen Varianten bekannt. Vorrichtungen, die mit fremdgespeisten, injizierbaren Transpondern arbeiten, sind hingegen nicht so häufig anzutreffen. Das Problem der Eigenerwärmung durch die zugeführte Speiseleistung wird umso bedeutsamer, je kleiner der Transponder gestaltet ist und je genauer man die Temperaturwerte ermitteln muß. Bei hermetisch gekapselten, injizierbaren Transpondern werden die elektronischen Bausteine des Transponders in der Glashülse nochmals vergossen, um eine hohe mechanische Stabilität zu gewährleisten. Die Wärmebarriere zur Umgebung ist dadurch hoch und führt schon bei einem geringen Maß an zuviel zugeführter Speiseenergie zu signifikanten Temperaturerhöhungen und verhindert eine zuverlässige Messung der Temperatur mit Auflösungen um 0,1°C.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Temperatur an schwer oder nicht ständig zugänglichen Orten, je nach Anwendungsfall drahtgebunden, drahtgeführt oder drahtlos, lokal zu messen und dem Meßpunkt zuzuordnen.

Diese Aufgabe wird bei der fernkalibrierbaren Meßvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Erfindung eröffnet die Möglichkeit, insbesondere lokale Temperaturen preisgünstig, exakt und zuordenbar, drahtgebunden, drahtgeführt oder drahtlos zu messen. Dabei nimmt die eigentliche Meßstelle, der Transponder, nur ein sehr geringes Volumen ein. Dadurch ist eine durch eine Hohl-nadel injizierbare, hermetisch gekapselte Ausführungsform ohne große Probleme realisierbar, die insbesondere zur Erfassung von Temperaturen im lebenden Gewebe geeignet ist. Die fernkalibrierbare Meßvorrichtung eignet sich nicht nur für die oben erwähnten Anwendungsfälle, sondern kann alle physikalischen Größen messen, für die geeignete Meßwandler zu Verfügung stehen. Dabei ist die Vorrichtung immer dann besonders vorteilhaft einzusetzen, wenn die Eigenerwärmung des Transponders möglichst gering sein muß.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, daß große Mengen unkalibrierter, monolithisch integrierter Transponder preisgünstig hergestellt und verwendet werden können. Durch den Fortfall von Referenzelementen, wie abzugleichende Widerstände, Referenzspannungsquellen oder Signalgeneratoren mit vorgegebenen, charakteristischen Arbeitspunkten, können alle Transponderschaltungen (z. B. ASICs auf einem Silizium-Wafer) verwendet werden, die noch irgendwie prinzipiell funktionieren. Die in der Halbleitertechnik üblichen Toleranzkriterien hinsichtlich der Realisation von Referenzelementen entfallen nahezu vollständig, wodurch die beim Herstellungsprozeß erzielbare Ausbeute ganz erheblich verbessert wird, insbesondere wenn, wie hier angestrebt, eine Messung nur äußerst geringe Toleranzen hinsichtlich der Meßwerterfassung zuläßt. So ist es beispielsweise üblich, für genaue Meßsysteme die Einhaltung einer Referenzspannung mit einer Toleranz von 1% zu fordern. Alle Transponder, die diese Vorgabe nicht einhalten, sind dann ungeeignet und müssen aussortiert werden. Dies erhöht die Stückkosten um das Vielfache. Bei der hier angegebenen Problemlösung hingegen können alle prinzipiell funktionierenden Transponder, ohne Rücksicht auf Toleranzen, verwendet werden. Ein weiterer mit der Erfindung erzielter Vorteil besteht darin, daß durch den Fortfall von verlustbehafteten, spannungsstabilisierenden Schaltungen im Transponder keine zusätzliche Verlustwärme im Transponder erzeugt wird.

Da die Betriebsspannung mit Hilfe einer Steuerung von außen auf den beim Kalibriervorgang vorgegebenen Wert eingestellt wird, muß keine zu hohe Betriebsspannung verlustbehaftet reduziert werden. Dadurch wird die insgesamt im Transponder auftretende Verlustleistung und die damit verbundene Eigenerwärmung auf das technisch geringste mögliche Maß reduziert.

Zur erläuternden Beschreibung der fernkalibrierbaren Temperaturmeßvorrichtung sind einige Abbildungen gegeben. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Funktionsblöcke eines Transponders (T),

Fig. 2 einen typischen Verlauf der Abhängigkeit des Signals (SVCO) des spannungsabhängigen Generators (VCO) im Transponder (T) von der Betriebsspannung (UB) des Transponders (T),

Fig. 3 typische Beispiele für einen drahtgebundenen, drahtgeführten und drahtlosen Betrieb des jeweils prinzipiell gleichartig aufgebauten Transponders,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Anordnung zum gleichzeitigen drahtlosen Betrieb mehrerer Transponder,

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Funktionsblöcke eines erweiterten Anwendungsbeispiels für einen Transponder,

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Funktionsblöcke eines erweiterten Anwendungsbeispiels für einen Transponder, der seine Signale nicht nur auf der Speisefrequenz sondern auf einer weiteren Signalfrequenz aussendet,

Fig. 7 die zugehörige Spektraldarstellung der Signale des nach Fig. 6 aufgebauten Transponders,

Fig. 8 eine schematische Darstellung der Funktionsblöcke eines Anwendungsbeispiels für einen Transponder mit reduziertem schaltungstechnischen Aufwand,

Fig. 9 die zugehörige Spektraldarstellung der Signale des nach Fig. 8 aufgebauten Transponders,

Fig. 10 eine schematische Darstellung der Funktionsblöcke eines drahtgebundenen Anwendungsbeispiels für einen Transponder und

Fig. 11 die zugehörige Spektraldarstellung der Signale des nach Fig. 10 aufgebauten Transponders.

Das in Fig. 1 gezeigte schematisch dargestellte Beispiel für den schaltungstechnischen Aufbau eines durch ein Speisefeld ( $\Phi$ ) aktivierten Transponders (T), der für den drahtgeführten oder drahtlosen Betrieb geeignet ist, gleicht weitgehend dem in der US 40 75 632 wiedergegebenen Transponderaufbau. Während dort ein Dipol als Empfangs- und Sendeelement verwendet wird, dient hier dazu ein Reaktanznetzwerk (LCN) mit einer oder mehreren Polstellen (vergl. DE 32 19 558 C2) im frequenzabhängigen Reaktanzverlauf. Die vom Reaktanznetzwerk (LCN) empfangene Speiseenergie induziert dort eine hochfrequente Wechselspannung und wird durch einen nachgeschalteten Gleichrichter (RT) in eine geeignete Gleichspannung, der Betriebsspannung (UB) des Transponders, umgewandelt. Dabei befindet sich in der Gleichrichtereinheit (RT) gegebenenfalls ein Kondensator zur Glättung der Welligkeit der gleichgerichteten Spannung. Dieser ist in dieser Darstellung nicht explizit aufgeführt. Gegebenenfalls genügen auch die parasitären Schaltungskapazitäten in den einzelnen Funktionsblöcken. Bei den nachfolgenden Erläuterungen soll von einer ausreichend geglätteten Betriebsspannung (UB) ausgegangen werden. Ein temperaturempfindlicher Widerstand (TR) bewirkt einen temperaturabhängigen Zusammenhang der Signale des Meßwandlers (MS), der als temperaturabhängiger Oszillator betrieben wird. Der Speicher (SI) liefert in zyklischer Folge den individuellen, digitalen Identifikationscode des Transponders (T). Beide Funktionsblöcke bewirken mit ihren Signalen mit Hilfe der Modulationseinheit (MMOD) eine von einer Empfangseinheit (RX) detektierbare Modulation des Speisefeldes ( $\Phi$ ). Da die Betriebsspannung je nach Ankopplungsgrad und Stärke des Speisefeldes ( $\Phi$ ), schwankt, ist für diesen Fall in der US 40 75 632 ein Spannungsregulator vorgesehen, damit die Signale des temperaturabhängigen Oszillators nicht zusätzlich von der Betriebsspannung (UB) abhängen. Hier liegt der entscheidende Unterschied zum Transponderaufbau nach Fig. 1. Der Spannungsregulator entfällt. Versuche haben gezeigt, daß durch die thermische Kopplung des auf dem gleichen Siliziumkristall angeordneten Spannungsregulators innerhalb weniger Sekunden Temperaturerhöhungen bis zu 2°C auftreten können, wodurch eine genaue Temperaturmessung im Bereich von 0,1°C unmöglich wird. Als Ergänzung ist ein spannungsabhängiger Generator (VCO) als weiterer Funktionsblock integriert. Dieser spannungsabhängige Generator (VCO) bewirkt mit Hilfe der Modulationseinheit (MMOD) ebenfalls eine Modulation des Speisefeldes ( $\Phi$ ). Mit Hilfe der Empfangseinheit (RX) kann somit die Steuereinheit (CPU) stets einen Zusammenhang zwischen den Signalen des Meßwandlers (MS) und des spannungsabhängigen Generators (VCO) herstellen und

durch die Signale des Speichers (SI) exakt dem jeweiligen Transponder (T) individuell zuordnen. Dabei kommt der Abhängigkeit der Signalinformation (SVCO) des spannungsabhängigen Generators (VCO) von der jeweils im Transponder (T) vorliegenden Betriebsspannung (UB) eine besondere Bedeutung zu.

Fig. 2 zeigt einen typischen Verlauf der Abhängigkeit der Signalinformation (SVCO) des spannungsabhängigen Generators (VCO) von der anliegenden Betriebsspannung (UB). Wegen den realen Bedingungen der technischen Realisierungsmöglichkeiten gibt es einen Spannungswert (UM) der Betriebsspannung (UB) der wenigstens erreicht werden muß, um die einen minimalen zuverlässigen Wert (SM) der Signalinformation (SVCO) zu erzielen und auswerten zu können. Als oberen Begrenzungswert der Betriebsspannung (UB) kann ein kritischer Spannungswert (UK) angegeben werden, bei dessen Überschreitung die zugeordnete kritische Signalinformation (SK) überschritten wird. Das angestrebte Signalverhalten des spannungsabhängigen Generators (VCO) liegt bei einer Überschreitung dieser Werte nicht mehr vor. Der Bereich der Betriebsspannung (UB), der zwischen den Begrenzungswerten (UM) bzw. (SM) und (UK) bzw. (SK) liegt, ist gekennzeichnet durch einen im mathematischen Sinne eindeutigen, d. h. funktionalen Zusammenhang zwischen der Betriebsspannung (UB) und der Signalinformation (SVCO). Dies bedeutet, daß für jeden beliebigen Spannungswert (UF) der Betriebsspannung (UB) eine ganz bestimmte, von allen anderen Signalinformationen (SVCO) deutlich unterscheidbare, diesem Spannungswert (UF) umkehrbar eindeutig zugeordnete Signalinformationen (SF) existiert. Dabei ist es völlig unerheblich, welchen quantitativen Wert die Betriebsspannung (UB) im Transponder (T) denn tatsächlich annimmt. Wichtig ist einzig und allein, daß durch diese strenge, eindeutige Zuordnung der Signalinformation (SVCO) zur Betriebsspannung (UB) ein willkürlich ausgewählter, ferngesteuert eingestellter Betriebsspannungswert (UF) bei Kenntnis des zugehörigen Signales (SF) bei Bedarf immer wieder, durch ferngesteuertes variieren der im Transponder (T) vorliegenden Betriebsspannung (UB) reproduzierbar stets erneut exakt eingestellt werden kann. Dadurch ist es möglich, daß eine Fernkalibrierung der Meßvorrichtung dadurch erfolgt, daß die einzelnen Transponder (T) kalibriert werden, wobei jeweils ein Transponder (T) während des Kalibriervorganges mit Hilfe einer geeigneten Apperatur, exakt bekannten Werten der von diesem Transponder (T) zu vermessenden Temperaturwerten ( $\theta$ ) ausgesetzt wird, und die von der Speiseeinrichtung (TX) gelieferte Speiseleistung oder Speisespannung durch die Auswerteeinheit (CPU) so gesteuert wird, daß sich im Transponder (T) ein beliebiger aber geeigneter Wert (UF) der gleichgerichteten Betriebsspannung (UB) einstellt, wobei dieser Wert durch die Signale des betriebsspannungsabhängigen Generators (VCO) von der Auswerteeinrichtung (CPU) erkannt und von dieser durch die Steuerung der Sendeleistung für die Zeitdauer der Kalibrierung mit geeigneten Mitteln konstant gehalten wird, und dann sowohl der augenblickliche Spannungswert (UF) der im Transponder (T) vorhandenen Betriebsspannung (UB), als auch der Wert des zugehörigen Meßwandlersignals (SF), als auch die Identifikationsnummer als Kalibrierwerte abgespeichert werden, und daß die Messung dadurch erfolgt, daß die Auswerteeinheit (CPU) den Transponder (T) aufgrund seiner Identifikationsnummer identifiziert, aus den zugehörigen Kalibrierwerten den bei der Kalibrierung vorhandenen Spannungswert (UF) der Betriebsspannung (UB) ermitteln und, durch gesteuerte oder geregelte, wenn erforderlich ständige Variation der Sendeleistung, insbesondere im Falle der drahtlosen Ausführungsform bei bewegten Objekten mit dadurch bedingten

unterschiedlichen Kopplungsgraden zwischen dem als Empfangsschaltung dienenden Reaktanznetzwerk (LCN) des Transponders (T) und den als Antennen wirkenden Induktionsschleifen (A), diesen Wert der Betriebsspannung (UB) im Transponder (T) erzeugt und konstant hält, dabei die vom Meßwandler (MS) gelieferten Signale auswertet, die Kalibrierdaten ermittelt und durch rechnerische Verfahren (z. B. Interpolation) den Wert der lokalen Temperatur bestimmt.

Die in Fig. 3 gezeigten Skizzen dienen zur Erläuterung des drahtgebundenen, drahtgeführten und drahtlosen Betriebes von Transpondern (T). Die hier beispielhaft dargestellten Transponder (T) sind gleichartig aufgebaut. Eine auf einem zylinderförmigen Ferritkern aufgebrachte Spule ist mit der restlichen Schaltung nach Fig. 1, die vollständig monolithisch integriert aufgebaut ist, verbunden und in einem Glasröhrchen hermetisch verschlossen.

Im Falle der drahtgebundenen Anwendung sind zusätzliche Zuleitungsdrähte (ZLD) mit in dem Glaskörper verschmolzen. Diese Zuleitungsdrähte (ZLD) sind mit der Spule des Transponders (T) verbunden. Die Aktivierung des Transponders (T) erfolgt über ein hochfrequentes Speisesignal (Hilfsträger), welches über die Zuleitungsdrähte (ZLD) zum Transponder (T) übertragen und durch den im Transponder (T) befindlichen Resonanzkreis zur Vermeidung von Störungen gefiltert wird. Prinzipiell ist es auch möglich, bei der drahtgebundenen Ausführungsform eine reine Gleichspannungsspeisung (vergleiche Fig. 10) zu verwenden. Dies kann sowohl mit einer zweiadrigen als auch mit einer dreiadrigen (vergleiche Fig. 10) Zuleitung (ZLD) erfolgen. Es kann in den beiden zuletzt genannten Fällen dann auf die Spule verzichtet werden, was eine besonders kleine Ausführungsform der Transponderschaltung zur Folge hat. Die Übertragung der Transpondersignale zur Empfangseinheit (RX) erfolgt über die gleichen Zuleitungsdrähte (ZLD).

Bei der drahtgeführten Ausführungsform führt beispielsweise ein Koaxialkabel (KK) an dessen Ende eine Ankoppelspule (AKS) befestigt ist, bis zur unmittelbaren Nähe des zur Messung verwendeten Transponders (T). Ein über das Koaxialkabel (KK) eingespeistes hochfrequente Speisefeld aktiviert den in oder unmittelbar vor der Ankoppelspule angebrachten Transponder (T). Die Transpondersignale werden ihrerseits über das Koaxialkabel (KK) zum Empfänger eingang geführt. Der Vorteil dieser Anordnung ist, daß einerseits keine Zuleitungsdrähte in den Glaskörper eingeschmolzen werden müssen, andererseits das von der Ankoppelspule (AKS) erzeugte Speisefeld ( $\Phi$ ) auf ein sehr kleines Volumen konzentriert ist und selbst einen unmittelbar benachbarten weiteren Transponder (T) nicht aktivieren könnte. Der gleichzeitige parallele Betrieb zahlreicher Transponder wird durch diese Ausführungsform sehr vereinfacht. Insbesondere für die schnelle Erfassung von Temperaturgradienten ist diese Methode zu bevorzugen.

Die drahtlose Ausführungsform benutzt vorzugsweise relativ großflächige Antennenschleifen, um ein weitreichendes Speisefeld ( $\Phi$ ) aufzubauen. Dadurch ist es möglich, auch ohne genaue Kenntnis des Aufenthaltsortes des Transponders, diesen zu aktivieren. Diese Ausführungsform ist beispielsweise zur automatischen Fiebermessung freilaufender Zuchttiere geeignet. Dabei kann der ohnehin im Transponder (T) integrierte Speicher (SI) für den Identifikationscodes gleichzeitig zur Steuerung von Fütterungsautomaten genutzt werden.

Ein Ausführungsbeispiel für den gleichzeitigen Betrieb mehrerer drahtlos betriebener Transponder (T1, T2, T3, T4) ist in Fig. 4 gezeigt. Eine zentrale Steuer- bzw. Auswerteeinrichtung (CPU) steuert eine Speiseeinrichtung (TX) die ein Speisesignal erzeugt und dieses über eine, ebenfalls von der

zentralen Steuer- bzw. Auswerteeinrichtung (CPU) kontrollierte, Anpassungs- und Schaltvorrichtung (SX) an die entsprechenden Induktionsschleifen (A1, A2, A3, A4) zyklisch nacheinander oder gleichzeitig verteilt. Dabei ist die beispielhafte Angabe von vier Induktionsschleifen (A1, A2, A3, A4) und vier Transponder (T1, T2, T3, T4) lediglich eines von vielen möglichen Ausführungsbeispielen. Prinzipiell ist die Anzahl – im Rahmen sinnvoller Grenzen – jedoch beliebig. Die jeweiligen Induktionsschleifen (A1, A2, A3, A4) wirken als Antennen für die Abfragefelder ( $\Phi$ 1,  $\Phi$ 2,  $\Phi$ 3,  $\Phi$ 4), welche sowohl die Transponder (T1, T2, T3, T4) speisen als auch die von den Transpondern (T1, T2, T3, T4) ausgesendeten Signale enthalten. Mit Hilfe der Anpassungs- und Schaltvorrichtung (SX) werden die einzelnen von den jeweiligen Transpondern (T1, T2, T3, T4) ausgesendeten Signale zur Empfangseinrichtung (RX) weitergeleitet und dort zur Übertragung zur zentralen Steuer- und Auswerteeinrichtung (CPU) aufbereitet, welche ihrerseits mit weiteren Funktionsgruppen wie Fütterungsautomaten, Datenbank, Fieberalarmsystemen, usw. in Verbindung steht, um auf die ausgewerteten Daten entsprechend reagieren zu können.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel für einen durch ein Speisefeld ( $\Phi$ ) aktivierter Transponder (T) zeigt die Fig. 5. Die schematische Darstellung der Funktionsblöcke zeigt gegenüber dem in der Fig. 1 vorgestellten Beispiel einige Unterschiede auf. Über das Reaktanznetzwerk (LCN) tritt der Transponder (T) mit dem Speisefeld ( $\Phi$ ) wie bereits beschrieben in Wechselwirkung. Zu den bereits im Zusammenhang mit der Fig. 1 beschriebenen Funktionsblöcken wie Gleichrichter (RT), spannungsabhängiger Generator (VCO), Meßwandler (MS) und Speicher für den Identifikationscode (SI) kommt ein zusätzlicher Speicher (SD) hinzu. Der zusätzliche Speicher (SD) ist so aufgebaut, daß er in hier nicht näher beschriebener Weise nachträglich, d. h. auch noch bei einem vollständig gekapselten Transponder durch Anlegen eines äußeren Feldes beschrieben werden kann (Schreib-/Lesespeicher). In diesen Speicher werden beispielsweise die beim Fernkalibriervorgang erhaltenen Daten abgespeichert und müssen somit nicht ständig von der zentralen Steuer- und Auswerteeinheit (CPU) bereit gehalten werden. Dies ist besonders vorteilhaft für den Fall, daß die gleichen Transponder von verschiedenen Leseinheiten abgefragt werden müssen, die untereinander keine Kalibrierdaten austauschen können, was vorkommen kann, wenn beispielsweise ein Tier mit implantiertem Transponder an einen anderen Zoo verkauft wird. Als weiteren Unterschied zur Fig. 1 wird anstelle der dort gezeigten Modulareinheit (MMOD) nun zur Modulation ein Multiplexer (MUX) verwendet, der die verschiedenen Signale der Funktionsblöcke in einen geordneten, seriellen Datenstrom verwandelt und das Speisefeld ( $\Phi$ ) damit moduliert.

Ein weiteres, sehr komplexes Ausführungsbeispiel für eine Transponderschaltung zeigt die Fig. 6. Kernstück dieses Transponders ist eine spezielle Oszillatorschaltung, wie sie in der DE 32 19 558 C2 ausführlich beschrieben worden ist. Die angezapfte Spule (L) bildet mit den Kondensatoren (C, C1, C2, C3) und dem Kapazitätswert der Kapazitätsdiode (D1) einen Reaktanzkreis (LCN) mit zwei Polstellen im frequenzabhängigen Reaktanzverlauf. So bildet beispielsweise die Spule (L) zusammen mit dem Kondensator (C) die niederfrequente Resonanzstelle bei der Frequenz ( $f_0$ ). Bei dieser Frequenz entzieht der Transponder dem Speisefeld ( $\Phi$ ) Energie. Die bei dieser Frequenz ( $f_0$ ) in der Spule (L) durch das Speisefeld ( $\Phi$ ) induzierte hochfrequente Wechselspannung wird von der Diode (D) gleichgerichtet und vom Ladekondensator (CL) geglättet. Zwischen den Elektroden des Ladekondensators (CL) steht somit die Be-



triebsspannung (+UB) bzw. (-UB) zur Verfügung. Dadurch werden die bereits bekannten Funktionsblöcke wie zusätzlicher (Schreib-/Lese-) Speicher (SD), Speicher (SI), Meßwandler (MS) mit temperaturempfindlichen Widerstand (NTC) und Multiplexer (MUX), funktionsgerecht betrieben. Der Multiplexer (MUX) steuert einen hier vereinfacht dargestellten elektronischen Schalter (S) im Rhythmus des umgewandelten seriellen Datenstroms. Dadurch wird der Reaktanzkreis (LCN) im Rhythmus dieses Datenstroms durch den Modulationswiderstand (RM) bedämpft und damit das Speisefeld ( $\Phi$ ) entsprechend moduliert (Absorptionsmodulation). Gleichzeitig wird jedoch auch bei anliegender Betriebsspannung (UB) ein Transistor-Oszillator aktiviert. Dieser besteht aus einem Transistor (TS), einem Emittierwiderstand (RE), einem Basiswiderstand (RB) und einer Basiskapazität (CB). Als frequenzbestimmender Teil des Oszillators dient die angezapfte Spule (L), die Serienschaltung der Kondensatoren (C1, C2, C3) und die Kapazitätsdiode (D1). Diese bewirken eine Schwingfrequenz (f1).

Die Rückkopplung erfolgt durch einen Abgriff zwischen den Kondensatoren (C1, C2) zum Emittier des Transistors. Die beispielhafte Verwendung eines NPN-Transistors ist nur eine mögliche Anwendungsform. Selbstverständlich läßt sich diese Schaltung auch mit anderen aktiven Bauelementen realisieren. Der spannungsabhängige Generator (VCO) wird in dieser Schaltung als Minimalkonfiguration, nämlich durch einen Vorwiderstand (RDC) und die Kapazitätsdiode (D1) realisiert. Es wird ein spannungsabhängiger Kapazitätswert generiert, der mit zunehmender Betriebsspannung verringert werden kann.

Fig. 7 zeigt das zu der in Fig. 6 diskutierten Schaltung zugehörige, zur besseren Übersicht idealisiert dargestellte Frequenzspektrum. Das Speisefeld ( $\Phi$ ) aktiviert den Transponder bei der Frequenz (f0). Gleichzeitig wird durch die Betriebsspannung (UB) der Oszillator aktiviert, der bei der Frequenz (f1) ein Trägersignal erzeugt. Je nach Höhe der Betriebsspannung (UB) ändert sich dabei der Frequenzabstand ( $\Delta f$ ) zwischen der Frequenz (f0) des Speisefeldes ( $\Phi$ ) und der Sendefrequenz (f1) des im Transponder (T) integrierten Oszillators. Dabei wird der Kapazitätswert der Kapazitätsdiode (D1) mit zunehmender Speisespannung (UB) reduziert und daher die Sendefrequenz (f1) im gleichen Maße erhöht. Das bedeutet, daß mit zunehmender Speisespannung (UB) der Frequenzabstand ( $\Delta f$ ) zunimmt. Der Frequenzabstand ( $\Delta f$ ) kann somit als Maß für die jeweils im Transponder induzierte Betriebsspannung (UB) betrachtet werden. Die vom Multiplexer (MUX) erzeugte rhythmische Bedämpfung des Reaktanzkreises bewirkt, wie eine Amplitudenmodulation, sowohl jeweils ein unteres (fsl) und ein oberes Seitenband (fsu) symmetrisch um den Träger des Speisefeldes bei der Frequenz (f0) als auch ein unteres (psl) und ein oberes Seitenband (psu) symmetrisch um das Oszillatorsignal (f1). Dies hat Vorteile, wenn weit entfernte Transponder empfangen werden sollen. Die Empfangseinheit (RX) empfängt dann nicht die um den meist sehr starken Träger des Speisefeldes gelegenen Seitenbänder (fsl, fsu), die von dem starken Trägersignal, welches sich nur schwer ausfiltern läßt, nahezu vollständig verdeckt werden, sondern die erheblich einfacher zu verarbeitenden Seitenbänder (psl, psu) des Oszillatorsignals.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel eines drahtlos betriebenen Transponders (T) ist in Fig. 8 gezeigt. Ein aus der Spule (LR) und dem Kondensator (CR) gebildeter Resonanzkreis tritt mit dem Speisefeld ( $\Phi$ ) in Wechselwirkung. Die im Resonanzkreis induzierte hochfrequente Wechselspannung wird durch die Diode (DR) gleichgerichtet und durch den Ladekondensator (CLR) geglättet. Die Betriebsspannung (UB) speist in bekannter, hier nicht näher detailliert gezeigt-

ter Weise die Funktionsblöcke im Transponder. Dabei liefern der Speicher (SI) für den Identifikationscode und der zusätzliche (Schreib-/Lese-) Speicher (SD) für die Kalibrierdaten jeweils ihre Signale an einen Speichermultiplexer (SMUX), welcher seine geordneten Signale dem Multimultiplexer (MMUX) anbietet. Dieser steuert einen elektronischen Schalter (SS) zwischen zwei Schaltzuständen in zyklischer Folge so, daß die Signale des Generators (VCO MS) in dem einen Schaltzustand - Kurzschluß zur Betriebsspannung - ausschließlich von der aktuellen Betriebsspannung (UB) des betreffenden Transponders in eindeutiger Weise abhängt und in dem anderen Schaltzustand - NTC als Vorwiderstand - sowohl von der Betriebsspannung als insbesondere auch von der zu messenden Temperatur abhängt. Durch diese Doppelausnutzung eines Funktionsblocks kann eine große Siliziumfläche auf der integrierten Schaltung (ASIC) eingespart werden. Der Multimultiplexer (MMUX) koordiniert den Datenstrom und moduliert das Speisefeld ( $\Phi$ ) durch Bedämpfung des Resonanzkreises (LR, CR) mit Hilfe des Modulationstransistors (TM).

Fig. 9 zeigt beispielhaft ein mögliches Frequenzspektrum der in Fig. 8 gezeigten Schaltung. In dem Schaltzustand bei dem die Signale des Generators (VCO MS) nur von der Betriebsspannung abhängig sind, wird von diesem beispielsweise ein konstantes Signal (spannungsabhängiger Signalton) (fs2l bzw. fs2u) bewirkt. Durch die zentrale Auswerte- und Steuereinheit (CPU) wird das Speisefeld ( $\Phi$ ) so gesteuert, daß die Betriebsspannung (UB) und damit die Lage der Seitenbänder (fs2l bzw. fs2u) konstant bleibt. Dann bewirkt der Multimultiplexer (MMUX) denjenigen Schaltzustand des Schalters (SS), bei dem die Signale des Generators (VCO MS) jetzt, da die Betriebsspannung (UB) von der zentralen Auswerte- und Steuereinheit (CPU) auf einen konstanten Wert eingestellt worden ist, nur noch vom temperaturabhängigen Widerstandswert (NTC) abhängig ist. Das so erzeugte Signal (temperaturabhängiger Signalton) bewirkt eine Spektrallinie im unteren Seitenband (fml) bzw. symmetrisch dazu eine Spektrallinie im oberen Seitenband (fmu). Da die Lage der Signale von der zunächst noch unbekannten Temperatur abhängen, kann eine genaue Lage der Spektrallinien nicht vorhergesagt werden. Es sind daher zur Übertragung die mit (fml) und (fmu) gekennzeichneten Seitenbänder für die Übertragung des Temperatursignals reserviert. Die anschließende, vom Multimultiplexer (MMUX) gesteuerte Übertragung der Daten der Speicher (SI) und (SD) kann beispielsweise als digitales, serielles Zweitonsignal (Zweitontastung) erfolgen. Dazu ist es sinnvoll, einen Signalton (fs2l bzw. fs2u) so zu wählen, daß er mit dem spannungsabhängigen Signalton des Generators (VCO MX) identisch ist. Der zweite Signalton (fs1l bzw. fs1u) kann daraus durch Teilung gewonnen werden und liegt dann etwas näher zum Trägersignal. Dieses Ausführungsbeispiel hat den Vorteil, daß nur, ein einziger Tonsignalgenerator verwendet werden muß. Die Speicherdaten steuern dann lediglich einen Frequenzteiler, der sehr einfach zu integrieren ist. Außerdem ist der Referenzsignalton, der über die im Transponder (T) herrschende Betriebsspannung (UB) Auskunft gibt, bis auf den kurzen Moment der Übertragung des Temperatursignals, stets gegenwärtig und kann nahezu kontinuierlich zur gegebenenfalls erforderlichen Nachsteuerung der Feldstärke des Speisefeldes ( $\Phi$ ) herangezogen werden.

Eine Beispiel für eine drahtgebundene Ausführungsform ist in Fig. 10 gezeigt. Die Schaltung enthält die gleichen Funktionsblöcke wie bereits in der Fig. 8 beschrieben. Hier entfallen allerdings der Resonanzkreis (LR, CR) sowie die Diode (DR) und es ist ein Arbeitswiderstand (RLL) hinzugefügt. Die über die Zuleitungsdrähte (ZLD) zugeführte Versorgungsgleichspannung (+UBZ bzw. -UBZ) gelangt

wegen der ohmschen Leitungswiderstände (RLP bzw. RLM) nicht in voller Höhe an den Transponder. Wegen des Spannungsabfalls auf der Leitung unterscheiden sich daher die Versorgungsgleichspannung (UBZ) von der Betriebsspannung (UB) im Transponder (T). Letztere wird daher ebenfalls ferngesteuert wie bereits mehrfach beschrieben eingestellt. Die dazu erforderlichen Signale werden als Signalspannung (UM) am Arbeitswiderstand (RLL) des Transistors (TM) abgegriffen und der Lesereinheit (RX) zugeführt. In dem hier gezeigten Anwendungsbeispiel wird die Signalspannung (UM) mit Hilfe einer dritten Leitung übertragen.

Das zu diesem Anwendungsbeispiel zugehörige frequenzabhängige Signalspektrum ist in der Fig. 11 gezeigt. Im Gegensatz zu dem in Fig. 9 gezeigten Spektrum treten hier die Signalfrequenzen (spannungsabhängiger Signalton) ( $f_{s2}$ ), (temperaturabhängiger Signalton) ( $f_m$ ) und digitales Zweitonsignal ( $f_{s1}$ ) bzw. ( $f_{s2}$ ) direkt auf. Seitenbänder sind hier nicht vorhanden, da Gleichspannungsspeisung vorliegt. Das Signalspektrum dieses Ausführungsbeispiels zeigt, daß wegen der fehlenden Seitenbänder keine Redundanz bei den empfangenen Signalen vorliegt, die Signalübertragung daher relativ störanfällig ist. Der Vorteil dieses Ausführungsbeispiels liegt in erster Linie darin, daß durch den Verzicht auf den Resonanzkreis der Transponder insgesamt äußerst klein aufgebaut werden kann und dadurch einige Anwendungsfälle der Temperaturmessung überhaupt erst ermöglicht.

#### Patentansprüche

1. Fernkalibrierbare Temperaturmeßvorrichtung zur drahtgebundenen, drahtgeführten oder drahtlosen Messung und lokalen Zuordnung der Temperaturwerte an schwer oder nicht ständig zugänglichen Orten,
  - mit einer Anzahl miniaturisierter, injizierbarer Transponder (T), die sich als Sonden der Meßvorrichtung am Ort der Messung befinden und zur Umwandlung der lokalen Werte der Umgebungstemperatur ( $\vartheta$ ) der Transponder (T) in elektrische Signale dienen,
  - wobei die Transponder (T) keine Batterien oder andere eigenen Energiequellen besitzen, sondern zum Betrieb extern gespeist werden müssen,
  - mit einer externen Speiseeinrichtung (TX), die die Transponder (T) mit ihrer zum Betrieb notwendigen Energie versorgt und dadurch aktiviert,
  - wobei die von der Speiseeinrichtung (TX) erzeugte Speiseleistung oder Betriebsspannung (UB) variabel und elektronisch einstellbar ist,
  - mit einer Empfangseinrichtung (RX), die die Signale der Transponder (T) empfängt,
  - mit einer Auswerteinrichtung (CPU), die die empfangenen Signale elektronisch aufbereitet, auswertet, weiterverarbeitet oder weiterleitet und die Speiseeinrichtung (TX), die Empfangseinrichtung (RX) und eine Anpassungs- und Schaltvorrichtung (SX) steuert,
  - wobei die Transponder (T) jeweils Generatoren (VCO) besitzen, deren Schwingfrequenz wenigstens für einen bestimmten, definierten Zeitraum, ausschließlich von der aktuellen Betriebsspannung (UB) oder Speiseleistung des jeweils betreffenden Transponders (T) in - im mathematischen Sinne - eineindeutiger, streng monotoner Weise abhängt und deren Signale, direkt oder elektronisch umgewandelt, als analoge oder digitale Signale zur Empfangseinrichtung (RX) übertragbar

sind und diese Signale zur Kalibrierung der im Transponder (T) befindlichen Meßwandler (MS) dienen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils im Meßwandler (MS) der Transponder (T) den Wert der Umgebungstemperatur ( $\vartheta$ ) bei konstanter Betriebsspannung (UB) oder konstanter Speiseleistung in eindeutige, analoge oder digitale Signale umwandelt, die zur Empfangseinrichtung (RX) übertragbar sind,

- wobei die Meßwandler (MS) keinen festgelegten Arbeitspunkt besitzen.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Transponder (T) jeweils einen ersten Speicher (SI) besitzen, in denen der digitale Identifikationskode des betreffenden Transponders (T) abgespeichert ist, wobei die in diesem Speicher (SI), befindlichen Daten zur Empfangseinrichtung (RX) übertragbar sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Transponder (T) jeweils einen zweiten Speicher (SD) besitzen, in dem die digitalen Kalibrierdaten des betreffenden Transponders (T) abgespeichert sind, wobei die in diesem zweiten Speicher (SD) befindlichen Daten zur Empfangseinrichtung (RX) übertragbar sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Transponder (T), statt des betriebsspannungsabhängigen Generators (VCO) und des Meßwandlers (MS), einen einzigen durch einen elektronischen Schalter (SS) mit zwei Schaltzuständen zyklisch beschalteten Generator (VCO MS) aufweisen, dessen Schwingfrequenz in dem einen Schalterzustand des elektronischen Schalters (SS), ausschließlich von der aktuellen Betriebsspannung (UB) des betreffenden Transponders (T) in eindeutiger Weise abhängt und dessen Schwingfrequenz in dem anderen Schalterzustand des elektronischen Schalters (SS) von der Betriebsspannung (UB) und von dem Wert der zu messenden Temperatur abhängt und der Zusammenhang zwischen dem Wert der zu messenden Temperatur und der Schwingfrequenz bei konstant gehaltener Betriebsspannung (UB) eindeutig ist und dessen Signale, direkt oder elektronisch umgewandelt, als analoge oder digitale Signale zur Empfangseinrichtung (RX) übertragbar sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Transponder (T) gleichzeitig mehrere Meßwandler für weitere, unterschiedliche Größen besitzen, wobei deren Signale mit Hilfe eines elektronischen Schalters in zyklischer Folge zur Empfangseinrichtung (RX) übertragbar sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der im Transponder (T) integrierte zweite Speicher (SD) für die Kalibrierwerte ein Schreib-/Lesespeicher ist.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

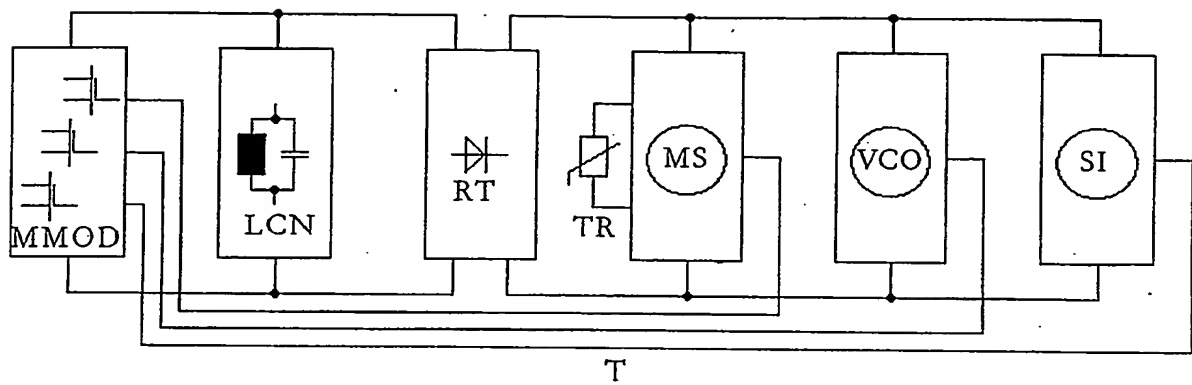


Fig. 1



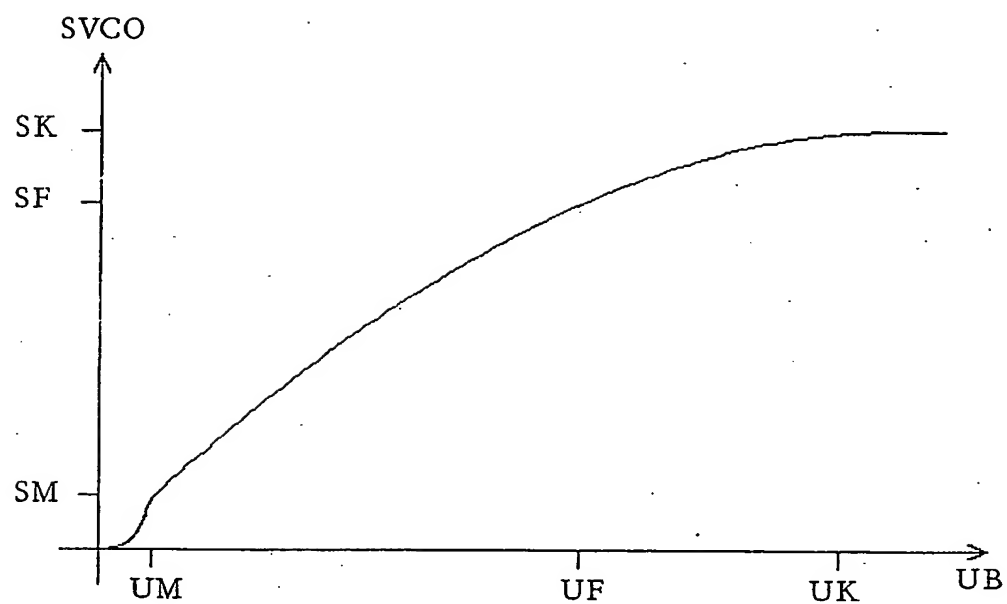


Fig. 2

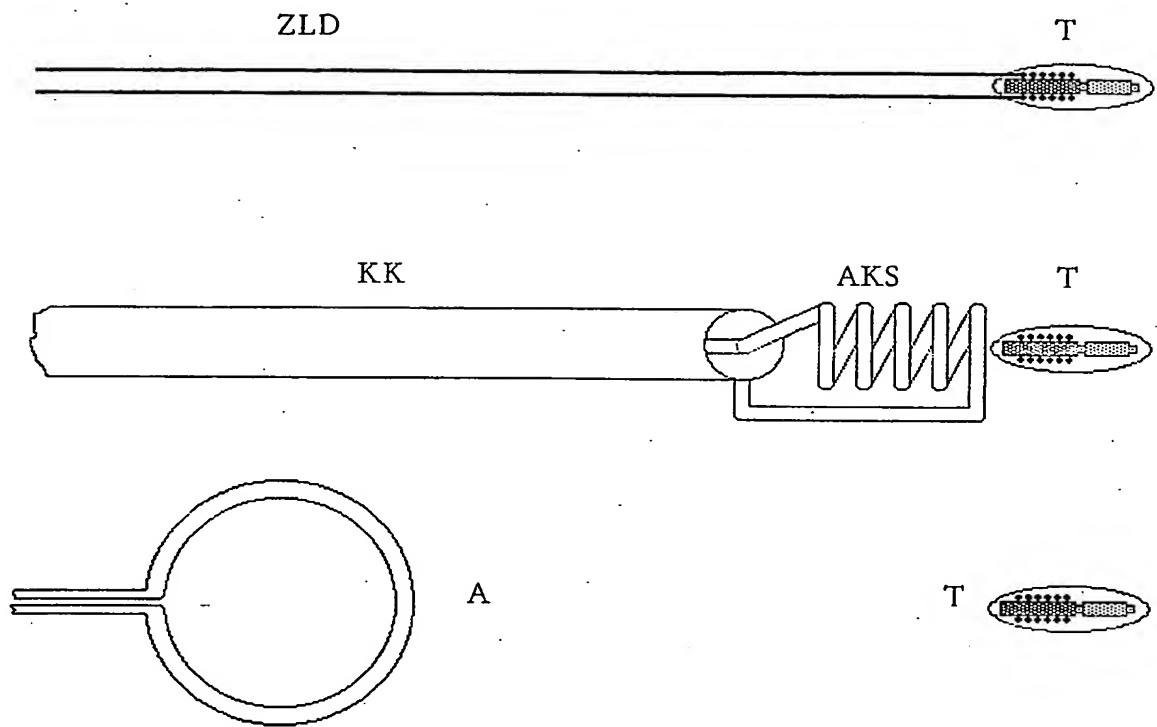


Fig. 3

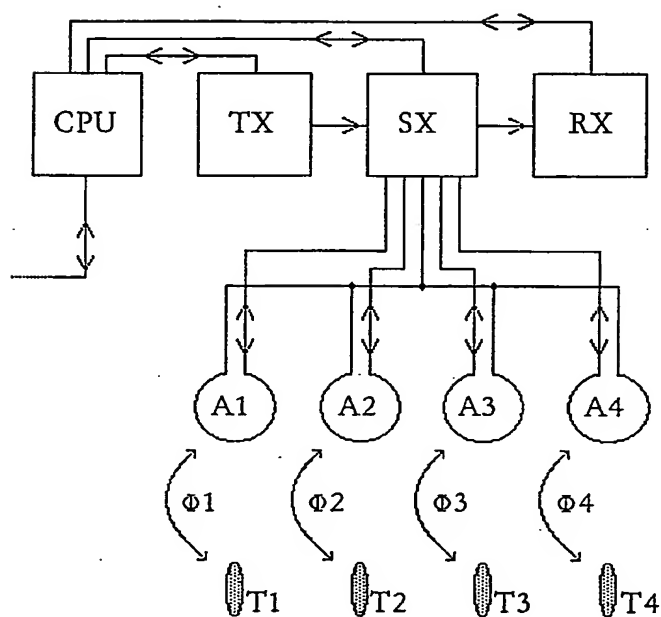


Fig. 4

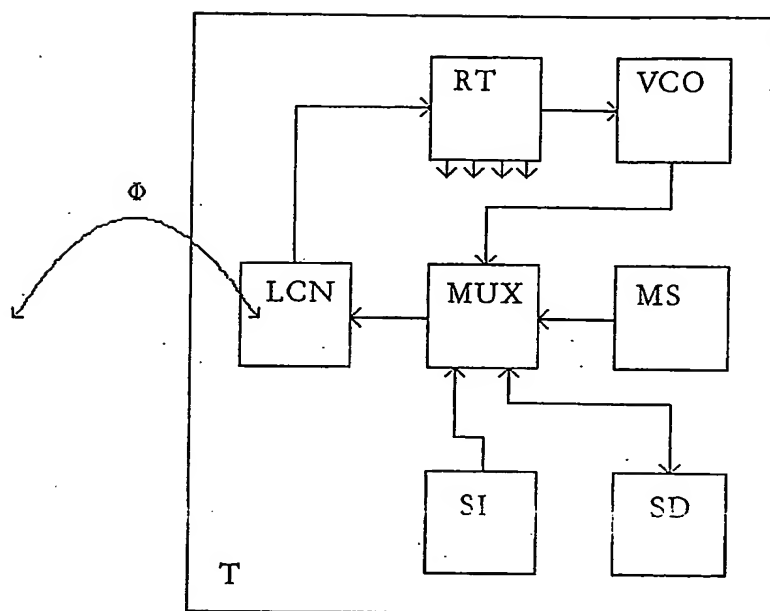
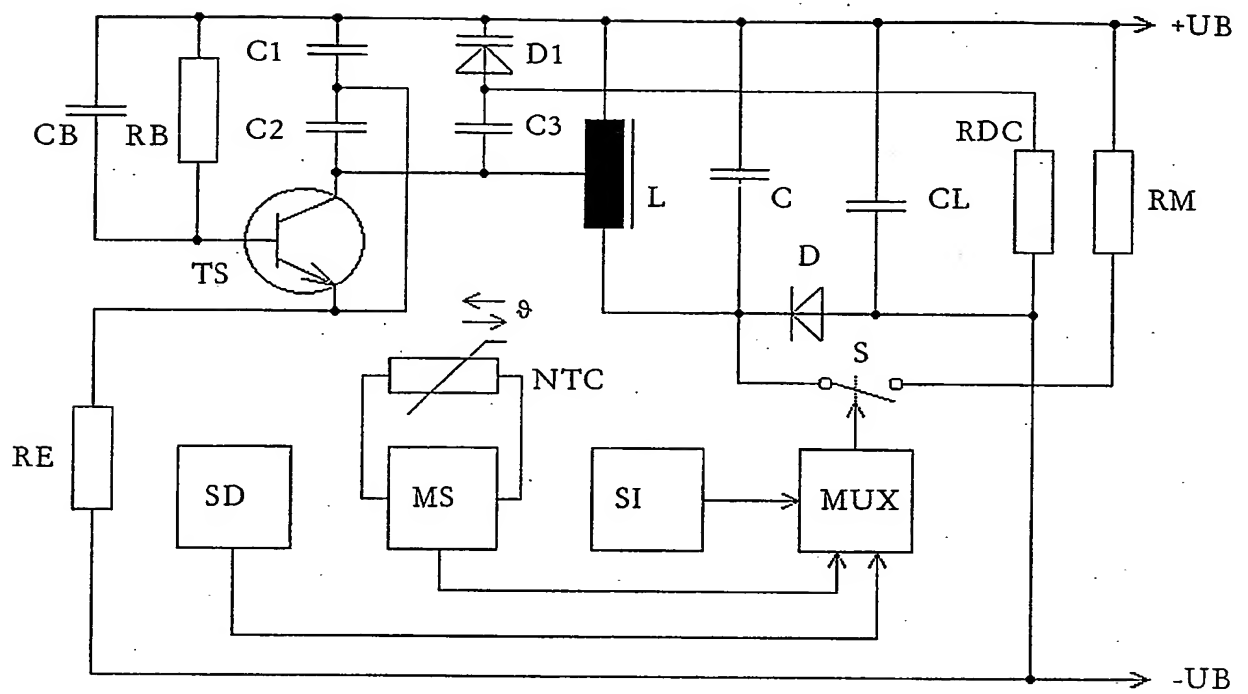


Fig. 5



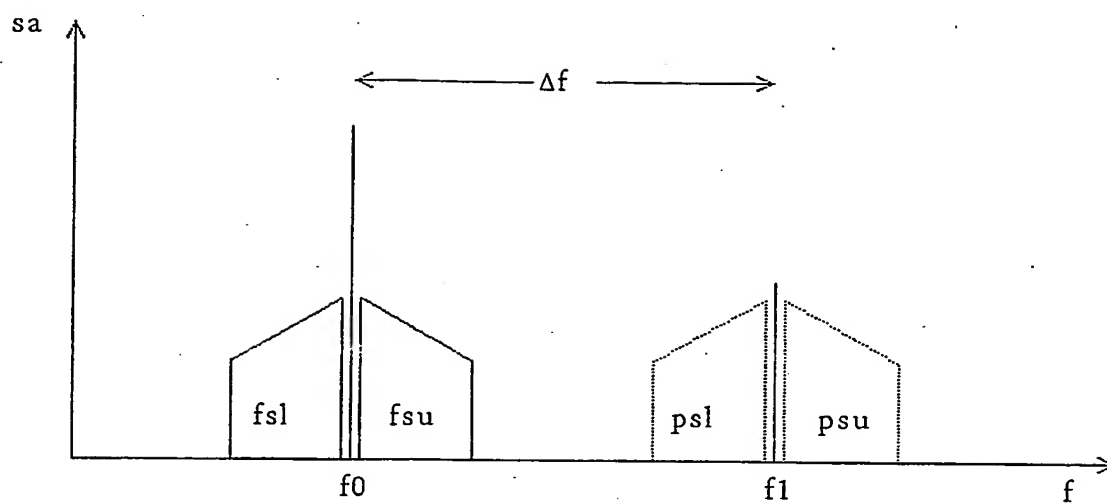
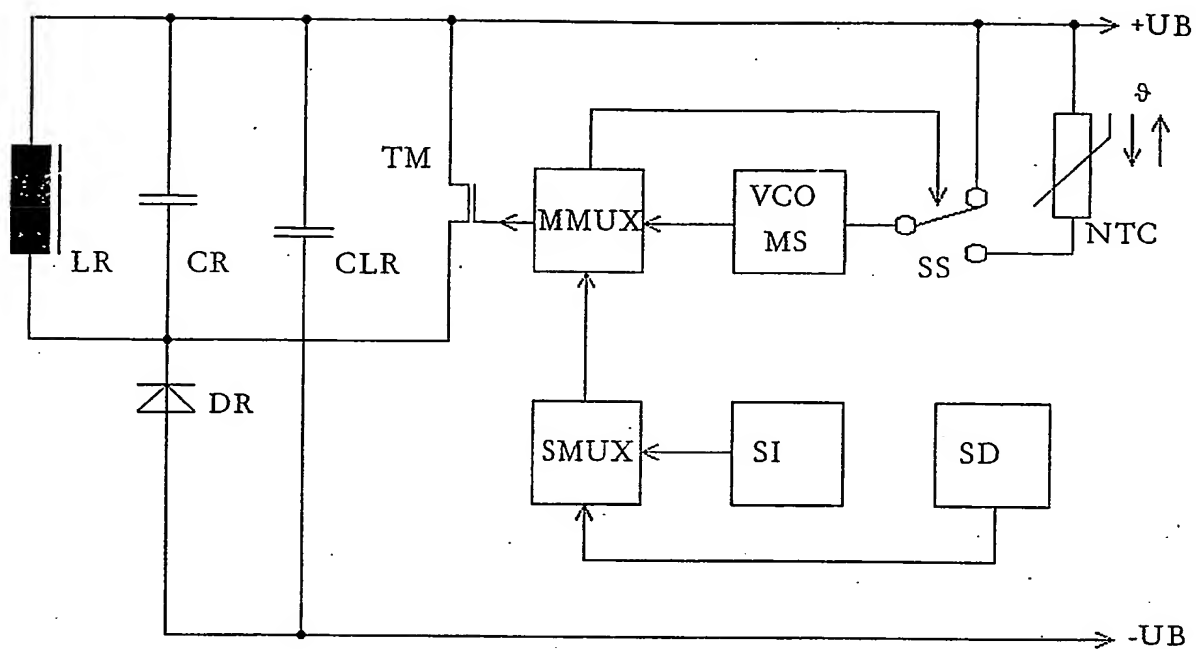


Fig. 7





**Fig. 8**

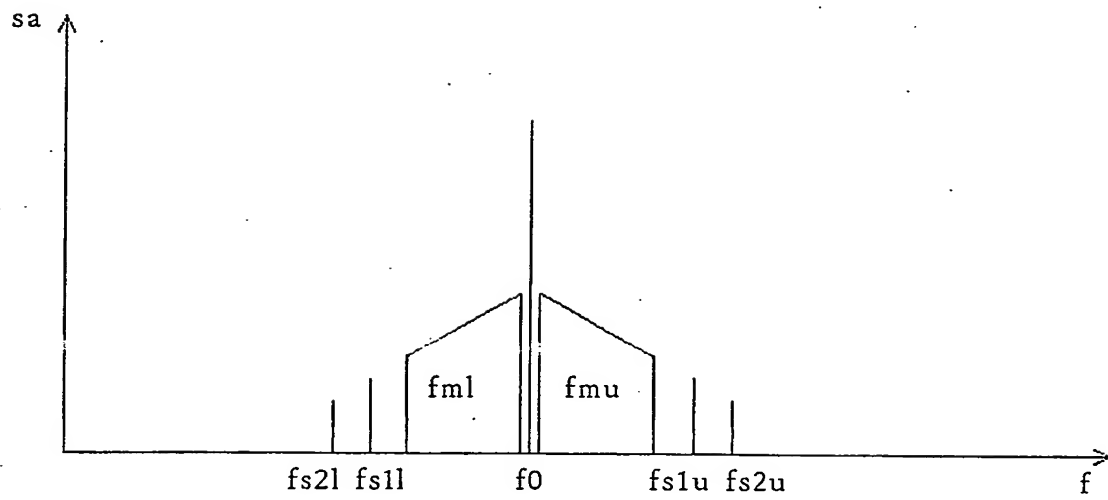


Fig. 9



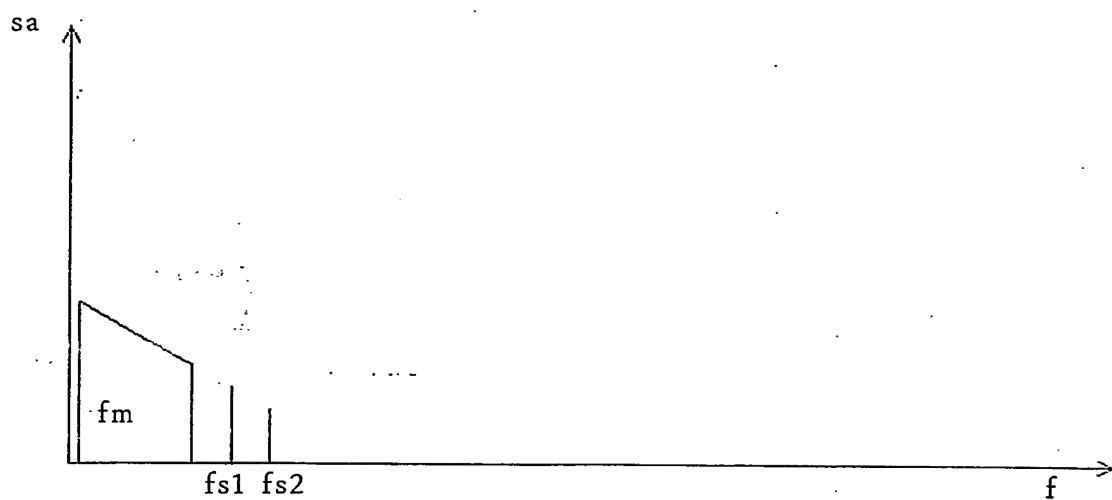


Fig. 11